

一种基于 VS2012 平台和物联网技术的光伏发电监测系统

孟祥忠 冯红彪

(青岛科技大学自动化与电子工程学院 青岛 266042)

摘要: 光伏发电技术如今已日益成熟,获得了很大的推广,使得新能源能得到更充分的利用。对于光伏电池在发电过程中不能进行有效地实时监测的问题,结合 VS2012 搭建的上位机监测软件和物联网技术,设计了一套光伏发电监测系统,对于系统设计的各个组成部分进行了介绍,包括了控制器的简单介绍、系统通信、上位机软件设计的具体介绍,对系统进行了系统框图的绘制。实验结果及现场应用表明了这套系统能有效地对光伏发电进行监测,对于故障能及时做出预警。

关键词: 光伏发电监测系统;VS2012;物联网技术

中图分类号: TN91 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Photovoltaic power generation monitoring system based on VS2012 platform and Internet of things technology

Meng Xiangzhong Feng Hongbiao

(College of Automation & Electronic Engineering, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: Photovoltaic power generation technology has become increasingly mature, and photovoltaic power generation has been greatly promoted, so that new energy can be more fully utilized. In view of the problem that the photovoltaic battery can not be effectively monitored in the process of power generation, this paper designed a set of photovoltaic power generation monitoring system based on the PC monitoring software built by VS2012 and the Internet of things technology. In this paper, for each part of the system design are introduced, including the brief introduction of the controller and inverter, PC software design, the detailed introduction of system communication, has carried on the system diagram drawing system, and has drawn the system block diagram of the system. Experimental results and field applications show that the system can effectively monitor the photovoltaic power generation, and make an early warning in time.

Keywords: photovoltaic power generation monitoring system; VS2012; internet of things

1 引言

我国累计光伏装机量位居世界第一^[1],光伏发电技术不断提高。但是在实际发电过程中通常没有对发电过程进行监测,无法实时观测光伏电池的运行状况。为此,设计了一套光伏发电监测系统。系统通过对光伏电池发电过程中的各项参数测量、显示实现对系统状况的判断。利用有线和无线的通信方式确保在不同场地下数据能顺利上传,VS2012 搭建上位机软件使得系统能够实现光伏发电过程中的数据记录、故障预警诊断,通过对发电过程监测实现光伏电池发电效率的提高^[2-3]。

2 系统结构

完整系统包括了光伏发电控制器、蓄电池、通信模块、逆变器、监控器等部分。系统结构如图 1 所示。

当光伏阵列电池接收到太阳光后转换成为直流电,MPPT 控制器对光伏阵列电池的输出进行调整^[4],使光伏阵列电池输出功率达到最大,并向蓄电池组进行充电。蓄电池组的电能一部分用于驱动负载如路灯,一部分通过逆变器变为 220 V 交流电上传到电网上去。MPPT 控制器的通信单元通过 RS485 有线或 ZigBee 无线的方式把发电系统的各项参数上传到上位机,通过 PC 或者移动终端对系

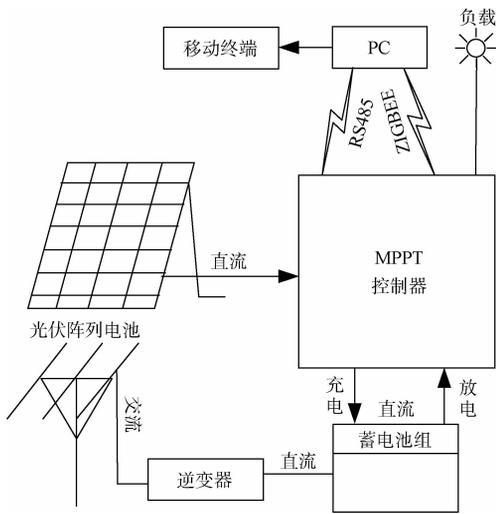


图 1 光伏发电监测系统

统进行监测,以方便尽早的防止、发现光伏发电过程中的故障,保证光伏发电的效率^[5]。

3 系统各部分介绍

3.1 MPPT 控制器

本设计选用青岛科技大学设计的光伏发电 MPPT 控制器,是目前光伏发电控制器当中功能比较齐全的一种^[6]。控制器包含了光伏电池输出采集单元、DC-DC 变换单元、通信单元、充放电保护单元^[7],既满足了光伏电池发电的基本要求,又能实现多种方式的通信,适合本设计的需求。

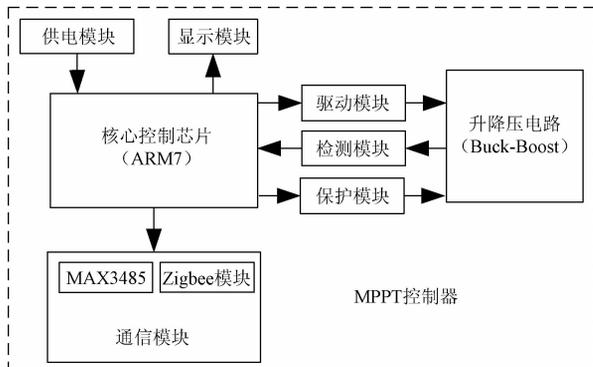


图 2 控制器结构框图

该控制器的通信模块分为两部分,分别为 uart 转 485 信号电路和 uart 转无线信号电路。系统通信一般采用 RS485 方式通信,在某些场合如不方便进行布线,可采用无线通信的方式。无线通信模块核心芯片是 CC2530,该芯片接收 ARM 芯片发送的串口信号,转换成 2.4 GHz 无线信号。控制器通信模块是控制器连接上位机的重要部分。

3.2 通信设计

上位机跟光伏发电控制器通信分成了有线通信和无线

通信两个部分,一个完整的系统一般包含一个主机和多个从机,系统通信框图如图 3 所示。

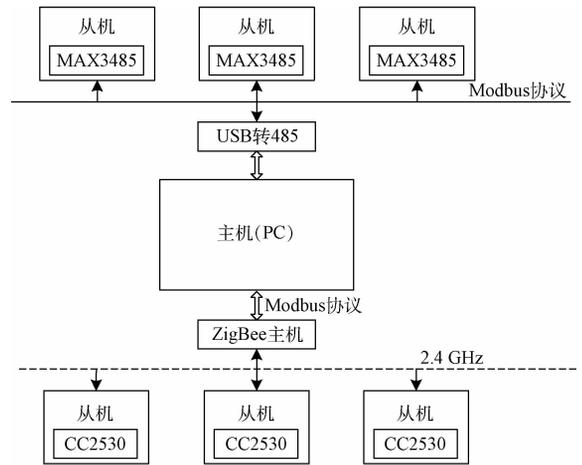


图 3 光伏发电通信原理

主机即 PC,用于界面显示和与从机通信。有线通信采用 RS485 通信方式,通信协议为主-从模式的 Modbus RTU 协议^[8]。PC 做为主机向从机站点发送查询指令,对应的从机收到查询指令以后把数据上传到主机。Modbus RTU 数据采用非压缩的 BCD 码表示,这种表示方式通过时间标记来判定数据帧的开始和结束,通过 CRC 数据进行校验。主从机数据帧都包含了起始位、地址位、功能位、数据位、校验位、结束位,不同的是主机数据位固定为 4 个 8 bit,从机需根据实际情况选择合适的位数,本设计中数据包含了输入电流、电压,输出电流、电压,每个数据含 2 个 8 bit,总共占 8 个 8 bit,主从机每个位置对应的数据位数如表 1、表 2 所示。

表 1 主机数据帧格式

起始位	地址位	功能位	数据位	校验位	结束位
T1-T2	8 bit	8 bit	4×8 bit	2×8 bit	T1-T2

表 2 从机数据帧格式

起始位	地址位	功能位	数据位	校验位	结束位
T1-T2	8 bit	8 bit	8×8 bit	2×8 bit	T1-T2

本设计中用到的 Modbus 协议地址范围为 0x00~0xff,理论上一套系统中可以有 256 个从机设备,在设计的实验过程中 1 个主机连接 18 个从机设备系统可以稳定精确地进行数据采集。Modbus 协议功能位中,不同的功能码实现不同的功能,本设计中需要读取从机的保持寄存器,因此功能位数据为 0x03。数据位跟功能位有着密切关系,主机数据位数据是根据功能位进行设置,从机的数据位中包了输入电流、电压、输出电流、电压 4 项数据。校验位根

据从机地址进行匹配。本设计中从机 Modbus RTU 协议是在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统下进行的移植,它的程序流程图如图 4 所示。

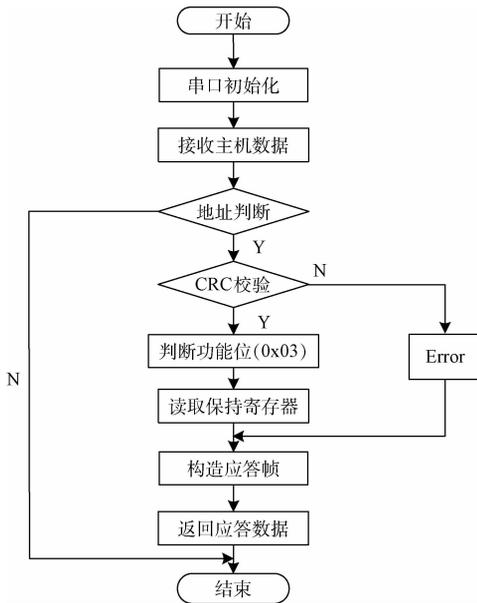


图 4 驱动系统原理

利用 RS485 和 Modbus 协议基本上满足了系统的通信需求,但是,由于实际情况中要考虑光伏电池板安装位置和周围的环境情况,有线通信不一定能满足设计需求,因此在设计上添加了无线通信功能。

无线传感器网络技术正在不断地成熟,在数据采集、系统设计、网络通信等领域中产生了重大的影响。本文采用的 2.4 GHz 的 ZigBee 技术实现无线通信^[9],所用芯片 CC2530 是 TI 公司生产的低功耗芯片,并带有片上系统解决方案,方便开发^[10]。无线通信的基础还是 Modbus RTU,只是利用 ZigBee 代替 RS485 数据传输方式(如图 3)。ZigBee 网络节点为一主(协调器)多从(终端),协调器通过串口与 PC 连接,协调器收到 PC 串口数据后通过广播方式发送出去,终端接收到协调器数据后通过串口发送至光伏发电控制器。同样,终端接收到光伏发电控制器串口数据后也上传至协调器,协调器再通过串口上传到 PC。协调器到终端的传输距离理论值达 1 000 m,通过实际实验测得距离 300 m 之内通信稳定,超过 300 m 会出现丢包现象,因此,在距离过远的时候可以增加路由器来增加通信距离。

3.3 基于 VS2012 平台的上位机软件设计

设计该系统的主要目的是对光伏发电情况进行监测,以尽早发现故障源,因此上位机界面的设计也是课题研究的重点^[11-12]。本设计上位机是利用 C# 语言在 VS2012 平台进行的 Windows Form 开发。Windows Form 的基础是 .NET Framework 架构,这种架构具有清晰、简介的特点,具

有丰富的用户控件并且可以由用户自定义控件^[13]。

本设计上位机界面如图 5 所示,每个界面可显示 6 个光伏发电控制器,每块显示区域包含了电量显示、充电指示、各项参数、通信开关按钮、实时曲线查询按钮。软件通过 ODBC 接口访问 MySQL 数据库,方便数据保存和历史数据查询。软件菜单栏包含了数据库配置、通信配置、用户登录配置、历史曲线、打印历史、报警记录、帮助、退出等选项。通过报警记录选项,任何异常数据都可以很方便地进行查询。上位机软件程序流程如图 6 所示。



图 5 上位机界面

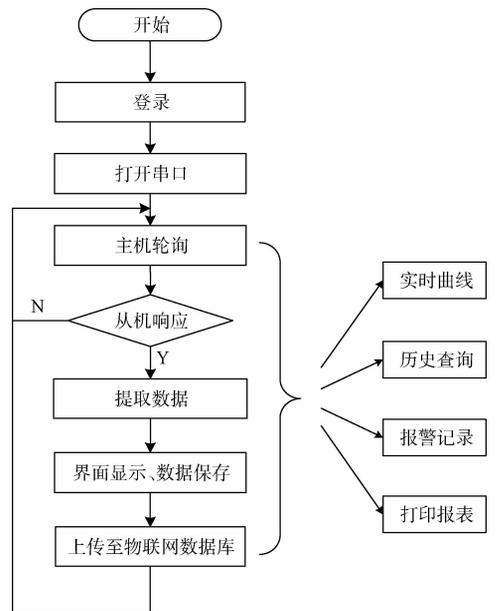


图 6 上位机软件流程

上位机软件在接收到光伏控制器上传的数据以后会把数据上传网络云端,实现了数据远程查看^[13]。设计使用国内 yeelink 物联网平台进行云端数据保存,一旦数据上传到 yeelink 平台,只要能连接到互联网即可以通过 PC 端或者移动终端实时数据实时观测,并且可以查询历史数据^[14]。yeelink 平台采用设备-传感器的分类存储方式,把每个光伏控制器看成 1 个设备,输入电流、电压、输出电流和电压 4 项数据看成 4 个传感器创建对应的设备和传感器,通

过移动端 yeelink 客户端可以查看已经建立的设备,数据上传由上位机软件完成,上位机接收到控制器上传的数据就会尝试上传云端。上位机上传数据通过 TCP 协议连接主域名,访问设备的 URL,云端对数据进行抓包、提取、保存,实现云端上传。

4 系统的性能测试

4.1 系统稳定性测试

为了检测系统运行的稳定性,进行了为期 4 d 的不间断实验,对这 4 d 进行历史曲线查询,得到图 7 所示历史曲线。

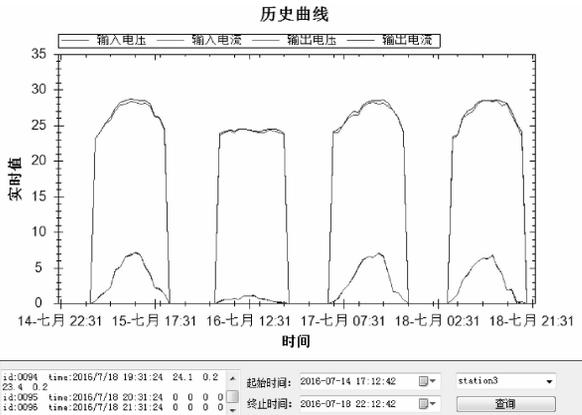


图 7 历史曲线

这 4 d 的时间段需要满足了以下条件:1)测试时间足够长,足够用来验证系统稳定性;2)这段时间内需要包含多种因素,典型的因素有昼夜、天气、温度。由图 7 可以看出,整个实验过程中系统能进行稳定地进行数据采集、显示。

4.2 故障判断测试

系统最大的用途是对光伏发电异常情况进行报警,为了检测系统实际应用效果,在某居民社区进行了 1 个月的现场测试。测试记录了 32 组光伏电池每周总计报警的次数,故障原因、报警正确率、误报率等,记录的结果如表 3 所示。

表 3 系统现场测试结果

时间	次数	正确率/%	误报率/%	故障原因
第 1 周	11	100	0	遮蔽
第 2 周	7	100	0	遮蔽、断路
第 3 周	13	100	0	遮蔽、通信故障
第 4 周	11	100	0	遮蔽

从表 3 可以看出,这一个月测试过程中,系统监测到光伏电池总计故障 42 次,报警的正确率达到了 100%,故障的最主要原因为光伏电池板被遮蔽,少数是因为断路、通信故障等原因。

5 结 论

为了解决光伏发电中没有有效的监控方式的问题,设计了一种结合 VS2012 平台开发和物联网技术的光伏发电监测系统。文章介绍了该系统的基本组成、通信方式、监测软件,并对系统进行了实验,对实验结果进行分析。实验结果表明系统不仅能够稳定地运行,数据准确可靠,可以远程对光伏发电情况进行观测,而且对故障能够迅速地、正确地报警。系统解决了光伏发电过程监控的问题,间接提高光伏发电的效率,降低事故率,能快速定位故障源,对发展光伏产业具有重大的意义。

参考文献

- [1] 王欢,徐小力. 一种新型光伏阵列在线故障检测方法研究[J]. 仪器仪表学报,2015,36(12):2765-2772.
- [2] 陈孟元. 基于节点负载均衡的分布式光伏发电无线安全监控网络研究[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(1):92-100.
- [3] 陈子坚,张链. 可移动式太阳能发电系统的设计[J]. 天津职业院校联合学报,2016,18(11):90-94.
- [4] 汪石农,陈其工,高文根. 基于直线近似和扰动观察的 MPPT 算法研究[J]. 电子测量与仪器学报,2016,30(6):945-950.
- [5] 刘军,王得发,薛蓉. 光伏发电系统 MPPT 控制方法的研究与改进[J]. 电子测量技术,2016,39(5):10-13.
- [6] REN G X, WEI ZH Q, WANG X Y, et al. Research and implementation of the monitor for in situ radioactivity measurements in the marine environment [J]. Instrumentation, 2015, 2(2): 33-40.
- [7] 蔡晓峰,张鸿博,黄伟,等. 独立光伏发电系统蓄电池优化三段式充电策略研究[J]. 自动化仪表,2012,33(5):67-69.
- [8] 宋磊,彭道刚,赵斌斌,等. 基于嵌入式 STM32 的 Modbus RTU 协议实现[J]. 仪表技术,2014,35(11):34-36,54.
- [9] 严冬,汪朋,李帅永,等. 2.45GHz 印刷倒 F 天线的研究与实现[J]. 仪器仪表学报,2015,36(10):2372-2380.
- [10] 金基宇,王虹元,金桂月,等. 基于 ZigBee 的 LED 智能照明系统[J]. 国外电子测量技术,2016,35(10):76-86.
- [11] 陈华,王明君. 基于 VS2012 的并行计算实验平台搭建与实现[J]. 实验室研究与探索,2015,34(2):125-127.
- [12] 何晓渝,谢华,周秀云. 基于 VC++6.0 的光伏并网发电监测系统的设计[J]. 电子测量技术,2010,33(6):4-7.

(下转第 205 页)